

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) «Химическая технология»
 Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчетные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив

УДК 665.75:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Киргина Мария Владимировна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Д.Б.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения
по направлению подготовки бакалавров
18.04.01 «Химическая технология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO (пп.1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (пп.1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (п.1.2), CDIO (пп.1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3), CDIO (пп.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п.2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5), CDIO (пп.4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п.2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (п.2.6), CDIO (п.2.4)

P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (пп.3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3), CDIO (пп.4.7, 4.8, 3.1)

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) Химическая технология
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Юрьев Е.М.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич

Тема работы:

Расчетные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.03.2016, № 1749/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Экспериментальные данные с промышленных установок производства компонентов дизельных топлив по фракционному составу, плотности, низкотемпературным свойствам (температура застывания, температура помутнения, предельная температура фильтруемости).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Обзор литературы 1.1 Дизельные двигатели внутреннего сгорания 1.2 Дизельные топлива и нормативные документы, регламентирующие их качество 1.3 Физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики дизельных топлив 1.4 Компоненты дизельных топлив 1.5 Низкотемпературные свойства дизельных топлив 2 Объект и методы исследования 2.1 Низкотемпературные свойства дизельных топлив

	2.2 Экспериментальные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив 3 Расчеты и аналитика 3.1 Проверка точности существующих расчетных методов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив 3.2 Разработка однопараметрических зависимостей для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив 3.3 Разработка двухпараметрических зависимостей для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив 4 Результаты проведенного исследования 4.1 Расчет низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием однопараметрических зависимостей 4.2 Расчет низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием двухпараметрических зависимостей 4.3 Статистический анализ двухпараметрических зависимостей для определения низкотемпературных свойств дизельных топлив 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность
Перечень графического материала	нет
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Ахмеджанов Р.Р.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Киргина М.В.	к.т.н.		01.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич		01.03.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ХТГ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	ХТПЭ и УМ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования качества дизельных топлив.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ
5. Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТиХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования – дизельное топливо. Рабочая зона – компьютерный класс. Данное исследование применяется в нефтепереработке.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Выявление вредных и опасных факторов которые может создать объект исследования (дизельное топливо)

Вредные вещества:

- дизельное топливо;

Опасные факторы:

- пожароопасность (N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности);
- взрывоопасность (ГОСТ 12.1.010-76).

Выявление вредных и опасных факторов рабочего места (компьютерного класса), с рабочей средой при разработке расчетных способов определения низкотемпературных свойств дизельного топлива.

Вредные факторы:

- повышенный уровень электромагнитных излучений (ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты);
- недостаточное освещение рабочего места (Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03);
- вентиляция научно – исследовательской лаборатории (ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны);
- микроклиматические условия (Гигиенические требования к микроклимату производственных

	<p>помещений: манитарно – эпидемиологические приавила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96).</p> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожароопасность (N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности); – электробезопасность(ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ).
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Выбросы, выделяющиеся во время производственного процесса, проходят через вентиляционную систему в атмосферу; – Сброс химических отходов в сточные воды; – Сброс твердых отходов на почву; – Разработка методики по обеспечению экологической безопасности.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> – Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: <ul style="list-style-type: none"> • Аварии на производстве (пожары взрывы); • ЧС конфликтного характера (конфликты в сфере социальных отношений); • стихийные бедствия(наводнения, ураганы, снежные заносы, лесные пожары). – Разработка действий на случай возникновения ЧС и мер по ликвидации ее последствий (ГОСТ Р 22.0.01-94): <ul style="list-style-type: none"> • использование средств пожаротушения; • в случае ЧС конфликтного характера задействовать охрану предприятия ; • эвакуация персонала в случае стихийного бедствия.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014) – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны являются технический перерыв, наличие зоны отдыха работника, проветривание помещения.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ ИНК	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Алтынов Андрей Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 109 с., 3 рис., 48 табл., 46 источников, 1 прил.

Ключевые слова: дизельное топливо, низкотемпературные свойства, температура застывания, предельная температура фильтруемости, расчетные способы определения.

Объект исследования – дизельные топлива и их компоненты (прямогонные и гидроочищенные фракции). Предметом исследования являются низкотемпературные свойства дизельных топлив.

Цель работы – создание расчетных методов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

В процессе исследования:

- Установлены однопараметрические корреляционные зависимости для расчета температуры застывания и предельной температуры фильтруемости дизельных топлив на основе данных о фракционном составе;
- Установлены двухпараметрические корреляционные зависимости для расчета температуры застывания и предельной температуры фильтруемости дизельных топлив.

В результате исследования были разработаны расчетные методы определения предельной температуры фильтруемости и температуры застывания дизельных топлив, погрешность которых сопоставима с погрешностью экспериментальных методов определения данных параметров.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработанные зависимости могут быть использованы для точного прогнозирования низкотемпературных свойств дизельных топлив и их компонентов, что позволит обеспечить выпуск топлив, соответствующих требованиям современных стандартов и снизить выход некондиционных партий товарной продукции.

Оглавление

Введение.....	16
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
1.1 Дизельные двигатели внутреннего сгорания	18
1.2 Дизельные топлива и нормативные документы, регламентирующие их качество	21
1.3 Физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики дизельных топлив.....	23
1.4 Компоненты дизельных топлив.....	28
1.4.1 Прямогонная среднестиллятная фракция.....	29
1.4.2 Газойль термических процессов.....	30
1.4.3 Газойль каталитического крекинга	30
1.4.4 Газойль гидрокрекинга.....	31
1.4.5 Керосин	31
1.5 Низкотемпературные свойства дизельных топлив.....	31
1.5.1 Расчетные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив.....	31
1.5.2 Промышленные способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив.....	35
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	45
2.1 Низкотемпературные свойства дизельных топлив.....	45
2.2 Экспериментальные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив.....	47
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	49

3.1 Проверка точности существующих расчетных методов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив	49
3.2 Разработка однопараметрических зависимостей для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив	53
3.3 Разработка двухпараметрических зависимостей для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив	54
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	56
4.1 Расчет низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием однопараметрических зависимостей.....	56
4.2 Расчет низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием двухпараметрических зависимостей	57
4.3 Статистический анализ двухпараметрических зависимостей для определения низкотемпературных свойств дизельных топлив	58
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	61
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	61
5.2 SWOT-анализ.....	62
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	65
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	65
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	67
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	70
5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	75
5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	75
5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	76
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	77

5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	79
5.4.5 Накладные расходы.....	79
5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	80
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	80
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	84
6.1 Производственная безопасность.....	84
6.1.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	84
6.1.2 Описание рабочего места (автоматической станции смешения дизельных топлив).....	85
6.1.3 Характеристика вредных факторов которые может создать объект исследования.....	86
6.1.4 Электробезопасность	87
6.1.5 Пожарная безопасность	89
6.2 Анализ выявленных вредных и опасных факторов на рабочем месте	91
6.2.1 Уровень электромагнитных полей (ЭМП) и мягкого рентгеновского излучения	91
6.2.2 Освещение на рабочем месте.....	92
6.2.3 Обеспечение электро- и пожарной безопасности на рабочем месте	92
6.2.4 Микроклимат на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	93
6.3 Охрана окружающей среды	94
6.3.1 Воздействие АССДТ на атмосферу.....	94
6.3.2 Воздействие АССДТ на гидросферу	94
6.3.3 Воздействие АССДТ на литосферу.....	95

6.3.4Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	95
6.3.5Правовое обеспечение	97
Выводы	98
Список публикаций студента.....	100
Список использованных источников	101
Приложение	107

Введение

В последние годы во всем мире прослеживается динамика стремительного увеличения автомобильного парка и других транспортных средств, оснащенных в большинстве своем дизельными двигателями. Следует отметить, что потребителями дизельного топлива (ДТ) помимо автомобильного парка также являются железнодорожный транспорт, военная техника водный транспорт, дизельные электрогенераторы, а остаточное дизельное топливо (соляровое масло) применяется в качестве котельного топлива. По экспорту в России дизельное топливо занимает третье место после нефти и газа. Ежегодно мировой рынок потребляет миллионы тонн дизельного топлива.

Вместе со стремительным ростом производства дизельного топлива растут и требования к его качеству. Эти требования прописаны в государственных стандартах ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия», ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» и Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к бензинам автомобильному и авиационному, дизельному и судовому топливам, топливам для реактивных двигателей и топочному мазуту».

Контроль низкотемпературных свойств дизельных топлив имеет большой интерес и огромное практическое значение, что связано в большей степени с особенностями климатических условий Российской Федерации, а также с недостаточными мощностями нефтеперерабатывающих предприятий по выработке зимних и арктических дизельных топлив.

Целью данной работы является разработка расчетных методов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1) Провести анализ существующих формул для расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив (температура застывания, температура помутнения и предельная температура фильтруемости).

2) Установить однопараметрические корреляционные зависимости температуры застывания и предельной температуры фильтруемости от фракционного состава дизельных топлив.

3) Установить двухпараметрические корреляционные зависимости температуры застывания и предельной температуры фильтруемости от фракционного состава дизельных топлив.

4) Провести статистический анализ двухпараметрических зависимостей для определения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

Объектом исследования в данной работе являются дизельные топлива и их компоненты (прямогонные и гидроочищенные дизельные фракции). Предмет исследования – низкотемпературные свойства дизельных топлив.

Научная и практическая новизна работы: в ходе работы установлены корреляционные зависимости для расчета температуры застывания и предельной температуры фильтруемости дизельных топлив, погрешность которых сопоставима с погрешностью экспериментальных методов определения данных параметров.

Практическая значимость работы: разработанные формулы могут быть использованы для точного прогнозирования низкотемпературных свойств дизельных топлив и их компонентов, что позволит обеспечить выпуск топлив, соответствующих требованиям современных стандартов и снизить выход некондиционных партий товарной продукции.

Реализация и апробация работы: работа была представлена на пяти Международных конференциях и двух Международных симпозиумах.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Дизельные двигатели внутреннего сгорания

Согласно [1], дизельный двигатель, запатентованный в 1892 г. Рудольфом Дизелем, характеризуется самовоспламенением топлива. Самовоспламенение достигается сжатием всасываемого воздуха в такой степени, что возникающее повышение температуры оказывается достаточным для зажигания топлива.

Температура, необходимая для самовоспламенения, создается в такте сжатия, в ходе которого температура воздуха при его сжатии до 3,0-5,5 МПа повышается до 700-900 °С. В находящийся в камере сгорания нагретый воздух, в конце такта сжатия впрыскивается топливо, затем оно самовоспламеняется.

Струя топлива имеет высокую скорость и дробится на капли. Капли топлива испаряются, вокруг жидких капель образуются пары, которые воспламеняются, и происходит сгорание паров, поступающих в результате диффузии от поверхности капель во фронт пламени – происходит микродиффузионное горение.

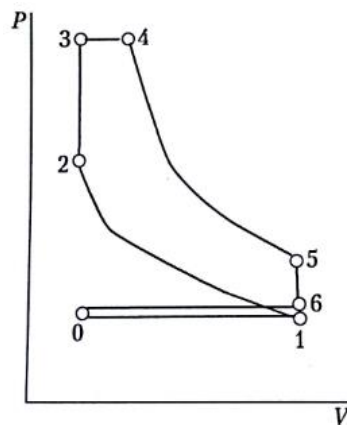


Рисунок 1.1 – Зависимость $P - V$ для двигателя с самовоспламенением от сжатия

[2]

Термодинамический цикл Дизеля (рис. 1.1) включает адиабатическое сжатие (кривая 1 – 2), изохорическое сгорание части топлива (отрезок 2 – 3), сгорание большей части топлива в изобарическом режиме (отрезок 3 – 4), за

которым следует политропическое расширение (кривая 4 – 5), выпуск отработавших газов (отрезок 5 – 6), отрезки прямых 6 – 0 и 0 – 1 соответствуют выталкиванию отработавших газов и всасыванию чистого воздуха.

Работа за цикл увеличивается с увеличением количества топлива и воздуха. Цикл Дизельного двигателя позволяет получить более полное использование тепла сгорания топлива по сравнению с циклом Отто (бензиновый двигатель). Для дизельных двигателей доля тепла, превращающаяся в работу, выше, чем у бензиновых, расход топлива на кВт·ч работы дизельных двигателей на 30% меньше, чем бензиновых.

Дизельные двигатели способны работать в четырех- или двухтактном циклах. Каждый тип обладает своими преимуществами и недостатками, так что выбор зависит от назначения. Четырехтактный цикл обеспечивает большой объемный КПД, хорошие характеристики сгорания и принудительную продувку выхлопных газов. Основным преимуществом двухтактного цикла является большая компактность на единицу вырабатываемой мощности [2].

Дизельные двигатели значительно варьируются по габаритам, мощности и рабочим оборотам. Если одни двигатели развивают мощность на валу всего лишь в несколько лошадиных сил, то другие – мощность порядка нескольких тысяч лошадиных сил на каждый цилиндр. Рабочие обороты различаются почти в столь же широких пределах, как габариты и мощность: от менее чем 100 об/мин для некоторых крупных двигателей до 4000 об/мин и более для двигателей автомобилей и других транспортных средств. Весь ряд дизельных двигателей можно подразделить по скорости на три широкие классификационные группы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Типы дизельных двигателей [7]

Классификация	Диапазон скорости, об/мин	Условия работы	Типичные применения
Низкооборотные	< 300	Длительная высокая нагрузка, постоянные обороты	Судовые силовые установки; выработка электроэнергии
Среднеоборотные	300-1000	Довольно высокая нагрузка и сравнительно постоянные обороты	Судовые вспомогательные установки: стационарные электрогенераторы; насосные установки
Высокооборотные	> 1000	Частые и широкие изменения нагрузки и оборотов	Дорожный транспорт: дизельные локомотивы; строительные машины

Дизельные двигатели в сравнении с карбюраторными имеют ряд преимуществ и недостатков [3].

Преимущества:

- на 30-35% меньше расходуют более дешевое топливо;
- средняя температура рабочего цикла в дизеле ниже, чем облегчает его охлаждение;
- допускаются большие перегрузки и отличаются большей устойчивостью в работе;
- выхлопные газы менее токсичны;
- за счет значительно меньшего контакта времени контакта топлива с воздухом полностью устраняется опасность возникновения детонационного сгорания;
- применение в дизелях более тяжелого по сравнению с бензином топлива обеспечивает пожарную безопасность, облегчает его хранение и транспортирование.

Недостатки:

- большая удельная масса
- маленькая быстроходность

- затрудненность запуска в зимних условиях.

1.2 Дизельные топлива и нормативные документы, регламентирующие их качество

Дизельное топливо – это сложная смесь парафиновых (10-40%), нафтеновых (20-60%) и ароматических (14-30%) углеводородов и их производных. Находящиеся в топливе углеводороды имеют среднюю молекулярную массу 110-230 г/моль и выкипают в пределах 170-380 °С в составе газойлевой и соляровой фракции нефти [4].

Для быстроходных дизелей отечественная промышленность выпускает топлива трех марок, различающиеся сезоном эксплуатации:

- Л (летнее);
- З (зимнее);
- А (арктическое).

Летнее дизельное топливо предназначено для эксплуатации при положительной температуре воздуха до +5 °С; зимняя марка топлива в зависимости от температуры застывания предназначена для эксплуатации зимой до -20 °С ($T_z = -35$ °С) и -30 °С ($T_z = -45$ °С). Арктическое топливо применяется при температуре -50 °С и выше. Все три марки топлив получают из продуктов переработки как сернистых, так и малосернистых нефтей. По содержанию серы стандартом предусмотрена выработка топлив двух видов:

- I – массовая доля серы не более 0,2%;
- II – массовая доля серы не более 0,5%.

Основные физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики дизельных топлив различных марок, согласно ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики дизельных топлив различных марок, согласно ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» [4]

Наименование показателя	Значение для марки				Метод испытания
	Л	Е	З	А	
1 Цетановое число, не менее	45				По <u>ГОСТ 32508</u> , <u>ГОСТ 3122</u>
2 Фракционный состав:					По <u>ГОСТ ISO 3405</u> , <u>ГОСТ 2177</u> (метод А)
50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	280	255	
95% (по объему) перегоняется при температуре °С, не выше	360	360	360	360	
3 Кинематическая вязкость при 20 °С, мм	3,0-6,0	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0	По ГОСТ 33
4 Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С не ниже:					По <u>ГОСТ ISO 2719</u> , <u>ГОСТ 6356</u>
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	62	40	35	
для дизелей общего назначения	40	40	30	30	
5 Массовая доля серы, мг/кг, не более	2000				По стандарту <u>ГОСТ 32139</u> , <u>ГОСТ 19121</u>
	500				По <u>ГОСТ ISO 20846</u>
6 Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01				По ГОСТ 17323
7 Массовая доля сероводорода	Отсутствие				<u>По ГОСТ 17323</u>
8 Испытание на медной пластинке	Выдерживает. Класс 1				По <u>ГОСТ 6321</u> , <u>ГОСТ ISO 2160</u> , <u>ГОСТ 32329</u>
9 Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие				<u>По ГОСТ 6307</u>
10 Кислотность, мг КОН на 100 см топлива, не более	5				<u>По ГОСТ 5985</u>
11 Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6				<u>По ГОСТ 2070</u>
12 Зольность, %, не более	0,01				<u>По ГОСТ 1461</u>
13 Коксуемость, 10%-ного остатка, не более	0,2				По <u>ГОСТ 32392</u> , <u>ГОСТ 19932</u>
14 Общее загрязнение, мг/кг, не более	24				По стандарту [16]
15 Содержание воды, мг/кг, не более	200				По стандарту [17]
16 Плотность при 15 °С, кг/м, не более	863,4	863,4	843,4	833,5	<u>По стандартам [18]-[22]</u>
17 Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	Минус 5	Минус 15	Минус 25	-	По <u>ГОСТ 22254</u> , <u>ГОСТ EN 116</u>

Требования к характеристикам дизельного топлива также устанавливаются Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к бензинам автомобильному и авиационному, дизельному и судовому топливам, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» (Таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Марки дизельного топлива и требования, предъявляемые к ним, согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к бензинам автомобильному и авиационному, дизельному и судовому топливам, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту»

Характеристики дизельного топлива	Нормы в отношении экологического класса			
	К2	К3	К4	К5
1. Массовая доля серы, мг/кг, не более	500	350	50	10
2. Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:				
для летнего и межсезонного дизельного топлива	40	40	55	55
для зимнего и арктического дизельного топлива	30	30	30	30
3. Фракционный состав – 95 процентов объемных перегоняется при температуре °С, не выше	360	360	360	360
4. Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, %, не более	–	11	11	8
5. Цетановое число для летнего дизельного топлива, не менее	45	51	51	51
6. Цетановое число для зимнего и арктического дизельного топлива	не определяется	47	47	47
7. Смазывающая способность, мкм, не более	не определяется	460	460	460
8. Предельная температура фильтруемости, °С, не выше:				
дизельного топлива летнего	не определяется	не определяется	не определяется	не определяется
дизельного топлива зимнего	минус 20	минус 20	минус 20	минус 20
дизельного топлива арктического	минус 38	минус 38	минус 38	минус 38
дизельного топлива межсезонного	минус 15	минус 15	минус 15	минус 15

1.3 Физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики дизельных топлив

Для дизельного двигателя требуется топливо, которое, в отличие от бензина, должно легко воспламеняться. Поэтому главным критерием качества топлива является воспламеняемость. Плотность важна как

показатель, от которого зависит расход топлива. Низкотемпературные свойства, смазывающая способность, вязкость, стабильность и чистота топлива влияют главным образом на надежность работы двигателя. На уровень выбросов влияют все вышеупомянутые показатели и содержание серы. От фракционного состава топлива зависит коксование распылителей форсунок, дымность отработавших газов, содержание твердых частиц и расход топлива.

Воспламеняемость, оцениваемая цетановым числом, является одним из основных показателей, характеризующих моторные свойства дизельных топлив.

Цетановое число – показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный процентному содержанию цетана в смеси с α -метилнафталином, которая по самовоспламеняемости в стандартном двигателе эквивалентна испытываемому топливу.

Цетановое число определяют на установке ИТ9-3 по методу совпадения вспышек при помощи эталонных топлив, а именно цетана $C_{16}H_{34}$, воспламеняемость которого принята за 100 единиц и α -метилнафталена $C_{11}H_{10}$, воспламеняемость которого принята за 0.

Воспламеняемость дизельных топлив также можно описать цетановым индексом (природное цетановое число, определяемое по EN ISO 4264 «Нефтепродукты. Расчет цетанового индекса средне дистиллятных топлив с помощью уравнения с четырьмя переменными.», ASTM D4737 «Стандартный метод определения расчетного цетанового индекса по уравнению с четырьмя переменными») [4]. Но цетановый индекс характеризует воспламеняемость лишь самого топлива, без учета цетаноповышающих присадок. Этот индекс вычисляется по формуле, использующей данные о плотности и фракционном составе топлива. Формула регулярно обновляется в связи с изменениями качества и технологии получения дизельного топлива.

Фракционный состав топлива оказывает влияние на его распыливание, полноту сгорания, дымность выхлопа, нагароотложение и разжижение картерного масла. При высоком содержании легких фракций увеличивается давление сгорания, т.е. двигатель работает более жестко. Утяжеленное топливо хуже распыливается; при этом уменьшается скорость образования рабочей смеси, ухудшается ее однородность, в результате чего повышается дымление и снижается экономичность двигателя [5].

Плотность дизельного топлива оказывает значительное влияние на работу двигателя. Так как количество топлива, впрыскиваемого в цилиндр, дозируется по объему, масса впрыскиваемого заряда растет с увеличением плотности. Высокая плотность топлива ведет к обогащению топливовоздушной смеси, что увеличивает эффективную мощность двигателя (одновременно повышается температура в камере сгорания и теплоотдача двигателя). С другой стороны, при высокой плотности увеличивается выброс твердых частиц и черного дыма.

Содержание серы. Содержащаяся в дизельном топливе сера увеличивает эмиссию отработавших газов, в особенности твердых частиц. Кроме того, кислые продукты сгорания, образующиеся из серы (оксиды серы), могут привести к коррозии двигателя.

Коррозионная агрессивность дизельных топлив зависит главным образом от содержания меркаптановой серы. Ее массовая доля в топливе допускается не более 0,01%. Общая массовая доля серы в товарных дизельных топливах составляет 0,2-0,5%. Для улучшения экологии крупных населенных пунктов нашей страны предполагается снизить в топливах массовые доли серы (до 0,05-0,1%) и ароматических углеводородов (до 10-20%). Перспективные показатели качества дизельного топлива за рубежом следующие: в США – содержание серы не более 0,003%, ароматических углеводородов не более 2%; в Европе – соответственно не более 0,005 и 3% [6].

Вязкость является показателем, определяющим прокачиваемость дизельного топлива по системе питания двигателя, тонкость распыла его через форсунки в цилиндры. Различные топлива для быстроходных дизелей имеют значение кинематической вязкости (ν_{20}) при 20 °С от 1,5 до 6,0 мм²/с. Понижение или повышение вязкости по сравнению с нормируемыми значениями приводит к нарушению работы топливоподающей аппаратуры, процессов смесеобразования и полноты сгорания топлива. Изменяется дозировка, часто снижается давление впрыска. При понижении вязкости неизбежно увеличиваются подтекания и просачивания во всех зазорах и неплотностях, повышается расход топлива. Подтекания через отверстия форсунок неизбежно увеличивают нагарообразование. Маловязкое топливо либо проникает через зазоры в плунжерной паре насоса, что приводит к уменьшению цикловой подачи и падению мощности. Использование топлива с повышенной вязкостью приводит к ухудшению качества смесеобразования, образуются крупные капли. Чем быстроходнее дизель, тем выше требования к вязкости. На испарение вязкого топлива затрачивается больше времени, оно не может полностью сгореть, что вызывает повышенное нагарообразование и задымление. Отработанные газы становятся черными, более токсичными, вследствие чего повышается расход топлива. Лучшими свойствами обладает топливо средней вязкости (2,5-4,0 мм²/с). Его использование позволяет получить мелкие и однородные по составу капли, улучшить процессы испарения, смесеобразования и сгорания топлива. При отрицательной температуре такое топливо обладает лучшей текучестью по топливопроводам, хорошей проходимостью через фильтры тонкой очистки, насосы высокого давления.

Испаряемость дизельных топлив. Характер процесса сгорания дизельных топлив определяется, кроме их воспламеняемости, и полнотой испарения. Она зависит от температуры и турбулентности движения воздуха в цилиндре, качества распыливания и испаряемости топлива.

С улучшением качества распыливания и повышением температуры нагрева воздуха скорость испарения впрыскиваемого топлива возрастает. Время, которое отводится на испарение, в дизелях примерно в 10-15 раз меньше, чем в карбюраторных двигателях, и составляет 0,6-2,0 мс. Тем не менее, в дизелях используют более тяжелые топлива с худшей испаряемостью, поскольку испарение осуществляется при высокой температуре в конце такта сжатия воздуха.

Испаряемость дизельных топлив оценивается их фракционным составом. Если пусковые свойства автомобильных бензинов определялись $t_{н.к.}$ и $t_{10\%}$, то для дизельных топлив они оцениваются $t_{50\%}$. Чем ниже эта температура, тем легче запуск дизеля. Этот показатель нормируется 280 °С для летнего и зимнего сортов и 255 °С для арктических дизельных топлив. Считается, что $t_{н.к.}$ дизельных топлив должна составить 180-200 °С, поскольку наличие бензиновых фракций ухудшает их воспламеняемость и тем самым пусковые свойства, а также повышает пожароопасность. Нормируемая температура $t_{96\%}$ в пределах 330-360 °С свидетельствует о присутствии в топливе высококипящих фракций, которые могут ухудшить смесеобразование и увеличить дымность отработавших газов.

Низкотемпературные свойства. Помимо вязкости для обеспечения эксплуатации дизельных топлив в холодное время года большое значение имеют низкотемпературные свойства топлива. При понижении температуры наружного воздуха может быть нарушена нормальная подача дизельного топлива по системе питания двигателя на участке бак – насос высокого давления вследствие кристаллизации высокоплавких углеводородов. При постепенном охлаждении топливо из прозрачного становится мутным.

Различают три низкотемпературных свойства дизельного топлива:

- Температура помутнения (T_n);
- Температура застывания (T_3);
- Предельная температура фильтруемости (ПТФ).

1.4 Компоненты дизельных топлив

Для процесса сгорания с самовоспламенением от сжатия требуются углеводороды другой структуры – компоненты дизельного топлива должны легко испаряться при высоких давлениях и температурах. По этой причине идеальным компонентом дизельного топлива являются нормальные парафиновые углеводороды, в отличие от олефинов и ароматических углеводородов. Однако вследствие того, что дизельное топливо имеет более высокий интервал кипения, углеводородный состав его более сложен. Основные характеристики дизельного топлива, определяемые его составом, – воспламеняемость, низкотемпературные свойства, теплота сгорания и плотность. Последнее может влиять на топливовоздушную смесь (соотношение топлива с воздухом) и, следовательно, на выброс твердых частиц (склонность к дымности отработавших газов), особенно в условиях максимального крутящего момента.

Ни один из классов соединений, входящих в состав дизельного топлива, не отвечает сразу всем критериям; например, нормальные парафиновые углеводороды имеют очень высокую воспламеняемость и низкую склонность к дымности отработавших газов и одновременно неудовлетворительные низкотемпературные свойства и низкую теплоту сгорания (табл. 1.4). Однако сочетание в молекулах, например, парафиновых и ароматических углеводородов способно улучшить низкотемпературные свойства топлива, не ухудшая при этом его воспламеняемость.

Таблица 1.4 – Свойства углеводородов различных групп, определяющие их пригодность в качестве компонентов дизельных топлив

Группа	Н-парафины	Изопарафины	Олефины	Нафты	Ароматические углеводороды
Воспламеняемость	Хорошая	Низкая	Низкая	Удовлетворительная	Неудовлетворительная
Низкотемпературные свойства	Неудовлетворительные	Хорошие	Хорошие	Хорошие	Удовлетворительные
Теплота сгорания	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Плотность	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Дымность отработавших газов	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая

Дизельный двигатель теоретически может работать на низкокипящих и высококипящих топливах. К примеру, судовые дизели работают на высококипящем остаточном топливе (котельное топливо). Однако особая ценность автомобильных дизельных двигателей заключается в их способности экономично работать именно на средних дистиллятах с интервалом кипения 150-360 °С. Поэтому компоненты дизельного топлива, производимые на нефтеперерабатывающих заводах, должны максимально соответствовать указанным выше требованиям.

1.4.1 Прямогонная среднедистиллятная фракция

Прямогонная среднедистиллятная фракция (газойлевая фракция) благодаря обычно высокому цетановому числу представляет собой ценный компонент дизельного топлива. При всем этом качество среднего дистиллята сильно зависит от качества исходного нефтяного сырья. В большинстве случаев дистиллятный газойль имеет сравнительно высокое содержание парафиновых углеводородов и низкое содержание ароматических углеводородов.

Хотя среднедистиллятные фракции можно использовать в дизельном двигателе без какой-либо обработки, не считая гидроочистку, в состав топлива вводят и другие компоненты. Решающими здесь являются следующие причины:

- естественно содержащихся в нефти среднедистиллятных фракций недостаточно для удовлетворения спроса;
- нежелательные тяжелые компоненты (мазуты), присутствующие в нефти в избытке, преобразуются в более легкие продукты;
- процессы глубокой переработки нефти дают определенное количество «излишних» средних дистиллятов, которые приходится использовать только после их гидрооблагораживания;

- требуется производство специальных компонентов (или присадок), которые смогут улучшить отдельные показатели качества топлива.

1.4.2 Газойль термических процессов

Газойль образуется в процессах термического крекинга, висбрекинга или коксования и, как правило, имеет меньшее цетановое число и большую плотность, чем прямогонные среднестиллятные фракции (табл. 1.5). Вследствие образования нестабильных олефиновых углеводородов в процессе крекинга газойли термических процессов обычно подвергают последующей гидроочистке. После гидроочистки газойль становится пригодным для использования в качестве компонента дизельного топлива.

Таблица 1.5 – Свойства компонентов дизельного топлива

Процесс	Компонент	Содержание углеводородов	
		до переработки	после переработки
Прямая перегонка	Прямогонная среднестиллятная фракция	–	ароматические – среднее олефины – очень низкое парафины – высокое
Термический крекинг	Газойль термического крекинга	ароматические – низкое олефины – среднее парафины – высокое	ароматические – низкое олефины – нет парафины – высокое
Каталитический крекинг	Газойль каталитического крекинга	ароматические – высокое олефины – низкое парафины – низкое	ароматические – высокое олефины – нет парафины – низкое
Гидрокрекинг	Газойль гидрокрекинга	–	ароматические – низкое олефины – нет парафины – высокое

1.4.3 Газойль каталитического крекинга

Газойль каталитического крекинга характеризуется очень низким цетановым числом и высокой плотностью. Из-за нестабильности газойль каталитического крекинга обычно приходится подвергать гидроочистке. Из-за низкого цетанового числа, обусловленного высоким содержанием ароматических углеводородов, и склонности к дымлению его можно добавлять в дизельное топливо лишь в ограниченных количествах.

1.4.4 Газойль гидрокрекинга

Газойль гидрокрекинга – весьма ценный компонент дизельного топлива. Благодаря высокому содержанию парафиновых углеводородов он обладает хорошим цетановым числом и низкой склонностью к дымлению.

1.4.5 Керосин

Улучшить низкотемпературные свойства дизельного топлива можно добавлением керосина. Из-за дороговизны и дефицита керосина, вызванных его преимущественным применением в качестве реактивного топлива, его добавляют лишь для обеспечения требуемых низкотемпературных свойств. Плотность и вязкость керосина в большинстве случаев ниже, чем у других компонентов дизельного топлива, что опять-таки ограничивает его использование – низкая плотность привела бы к снижению мощности двигателя и повышению объемного расхода топлива, а низкая вязкость потребовала бы введения присадок для предупреждения износа топливного насоса из-за неудовлетворительной смазывающей способности.

1.5 Низкотемпературные свойства дизельных топлив

1.5.1 Расчетные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив

На сегодняшний день существуют надежные методики экспериментального определения низкотемпературных свойств дизельных топлив, однако практически отсутствуют расчетные методы определения данных параметров. В связи с чем, задача разработки точных методов расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив является одной из наиболее актуальных задач современной нефтепереработки.

В России потребность в зимнем и арктическом дизельных топливах составляет 40% от общего объема производства [7]. Кроме того, в соответствии с прогнозами Министерства энергетики Российской Федерации

потребление зимнего дизельного топлива будет постоянно увеличиваться – на 2% в год от суммарного выпуска [8].

Температура застывания дизельного топлива – это температура, при достижении которой нефтепродукт в определённых условиях теряет подвижность, что вызвано выделением парафиновых углеводородов, либо их застыванием на низких температурах. Данная характеристика чрезвычайно важна как при эксплуатации, так и при транспортировке дизельных топлив.

Был рассмотрен способ определения температуры застывания дизельных топлив по оптической плотности смеси [9]:

$$T_3 = -K \cdot \ln D \quad (1.1)$$

где T_3 – температура застывания, °C; K – эмпирический коэффициент равный 22,8; D – оптическая плотность смеси.

Недостатком данного способа является использование сложного, дорогостоящего прибора – рефрактометра, определяющего оптическую плотность смесей и невозможность использования метода в местах непосредственного применения топлива.

Существует способ расчета температуры застывания дизельных топлив основанный на фракционном составе [9]:

$$T_3 = 0,877 \cdot T_{96\%} - 321,7 \quad (1.2)$$

где $T_{96\%}$ – температура выкипания 96% фракции, °C.

Недостатком данного способа, является тот факт, что определении фракционного состава чаще определяют температуру выкипания 90%, а не 96%.

Существует так же уравнение расчета температуры застывания через вязкость [10]:

$$T_3 = \frac{4,254 \cdot (\ln \nu_{50})^2 + 48,337 \cdot \ln \nu_{50} - 59,5}{1 + 0,184 \cdot \ln \nu_{50}} \quad (1.3)$$

где ν_{50} – кинематическая вязкость при температуре 50 °C, м²/с.

Еще одним способом расчета температуры застывания дизельных топлив является следующее уравнение [11]:

$$T_3 = 234,84 \cdot \gamma^{2,970566} \cdot M^{(0,61235-0,473575 \cdot S)} \cdot \nu_{100}^{(0,310311-0,32834 \cdot S)} \quad (1.4)$$

где T_3 – температура застывания нефтяной фракции, °Ra; γ – удельный вес нефтяной фракции; M – молекулярная масса нефтяной фракции; ν_{100} – кинематическая вязкость при 100 °F, сСт.

Температура помутнения дизельного топлива – это температура, при которой фазовый состав топлива меняется, и появляется его твёрдая фаза, вместе с жидкой. Текучесть топлива практически не меняется, т.к. размеры кристалликов очень малы. При этой температуре двигатель продолжит свою работу. Но в топливе начнут образовываться кристаллики парафина, они то и вызывают помутнение топлива. Эта температурная характеристика является очень важным показателем дизельного топлива, т.к. выпадение кристалликов в двигателе нарушает его нормальную работу.

Существует способ определения температуры помутнения дизельного топлива по его оптической плотности с последующим пропусканием образца через слой силикагеля и повторным измерением оптической плотности. Температура помутнения определяется по следующей формуле [12]:

$$T_{\Pi} = K(D_1 - D_2) - 54,4 \quad (1.5)$$

где T_{Π} – температура помутнения, °C; K – коэффициент, равный значению тангенса угла наклона прямой к оси абсцисс; D_1 и D_2 – соответственно значение оптической плотности до и после пропускания через силикагель.

Следующее уравнение используется для оценки температуры помутнения нефтяных фракций [11]:

$$\begin{aligned}
T_{II} &= a + b \cdot T_{50} + c \cdot T_{90} + d \cdot T_{90-20} + e \cdot T_{50} \cdot T_{90} + f \cdot \rho_4^{15} + g \cdot \rho_4^{15} \cdot T_{90}; \\
a &= 40,5188082034628; \quad b = 0,352055808730715 \\
c &= 0,0213385486437754; \quad d = -0,11817892070543 \\
e &= -0,00116227648075031; \quad f = -345,341766942041 \\
g &= 0,91964970145254.
\end{aligned} \tag{1.6}$$

где T_{90} – температура выкипания 90% фракции, °C; T_{50} – температура выкипания 50% фракции, °C; T_{90-20} – разница температур выкипания 90% и 20% фракции, °C; a, b, c, d, e, f, g – коэффициенты регрессии.

Кроме этого, температура помутнения может быть рассчитана как функция от средней температуры кипения фракции [11]:

$$\log(T_{II}) = -7,41 + 5,49 \cdot \log T_{cp} - 0,712 \cdot (T_{cp})^{0,315} - 0,133 \cdot \rho_4^{15} \tag{1.7}$$

где T_{cp} – средняя температура кипения фракции, °C.

Как известно, дизельное топливо имеет свойство замерзать при отрицательных температурах. При понижении температуры парафины начинают кристаллизоваться, от этого топливо становится вязче и приобретает мутноватый оттенок. При дальнейшем понижении температуры, в дизельном топливе начинают образовываться сгустки парафинов, которые забивают топливный фильтр, блокируя подачу горючего в двигатель. Температура, при которой это происходит и называется предельной температурой фильтруемости (ПТФ). ПТФ является главным показателем, на который следует обращать внимание при покупке дизельного топлива зимой.

ПТФ можно определить по следующей зависимости:

$$T_{ПТФ} = -0,0087(\Phi C_{95\%})^2 + 6,5413(\Phi C_{95\%}) - 1235,6 \tag{1.8}$$

где $T_{ПТФ}$ – предельная температура фильтруемости, °C; $\Phi C_{95\%}$ – фракционный состав 95%-ной по объему фракции, °C.

Предельная температура фильтруемости дизельных топлив может быть определена по следующему уравнению [11]:

$$T_{ПТФ} = a + b \cdot T_{50} + c \cdot T_{90} + d \cdot T_{90-20} + e \cdot T_{50} \cdot T_{90} + f \cdot \rho_4^{15} + g \cdot \rho_4^{15} \cdot T_{90};$$

$$a = 1639,74142105029; \quad b = 2,78518229261183$$

$$c = -4,54863132880978; \quad d = -0,131872294283347 \quad (1.9)$$

$$e = -0,00802540514795706; \quad f = -2960,97360934179$$

$$g = 8,36085679109224.$$

Так же ПТФ может быть определена по, приведенной ниже, зависимости [10]:

$$T_{ПТФ} = \frac{T_{50\%} - T_{10\%} - 88,073}{1,3532} \quad (1.10)$$

где $T_{50\%}$ – температура выкипания 50% фракции, °С; $T_{10\%}$ – температура выкипания 10% фракции, °С;

1.5.2 Промышленные способы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив

Авторами работы [13] был проведен обзор на тему: «Облагораживание топливных дистиллятов от деструктивных процессов переработки нефти». В данной работе говорится об использовании компанией ABB Lummus Global технологии «SynSat» в базовом проекте установки глубокой гидроочистки дизельного топлива. Технология предназначена для снижения температуры застывания, глубокого обессеривания и деароматизации топлива. Достижение поставленных целей обеспечивается трёхступенчатой реакторной схемой, с различными в каждом реакторе катализаторами фирмы Criterion Catalyst.

Таким образом, в противоточном реакторе третьей ступени достигается снижение температуры застывания дизельного топлива за счёт каталитической депарафинизации при парциальном давления водорода 6,2 МПа и температуре в начале цикла 305 °С. В результате, температура застывания для летнего дизельного топлива составляет -10 °С, для зимнего - 45 °С.

Также в работе [13], говорится о процессе каталитической депарафинизации дизельных дистиллятов, целью которого, является

получение низкозастывающих сортов дизельных топлив. Данный процесс реализован на комплексе ЛКС-35-64 Сургутского завода стабилизации конденсата.

В процессе использовался катализатор СГК-1, выработанный на ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза». Катализатор эксплуатировался в течение 8 лет, обеспечивая достижение требуемых показателей качества дизельного топлива.

В качестве сырья была использована дизельная фракция газоконденсатного происхождения (средние пределы выкипания 140 – 340 °С, содержание серы – 0,03 % мас., температура застывания – -15 °С, температура помутнения – -10 °С, вязкость кинематическая при 20 °С – 3,6 мм²/с, плотность при 20 °С – 528 кг/м³).

Основные результаты эксплуатации катализатора СГК-1 отражены в табл. 1.6.

Таблица 1.6– Средние показатели эксплуатации комплекса ЛКС-35-64

Годы	Температура застывания, °С			Температура помутнения, °С		
	сырья	продукта	разность температур	сырья	продукта	разность температур
2004-2005	-21	-35	14	-13	-28	15
2006-2008	-17	-40	23	-10	-35	25
2009-2011	-13	-42	29	-8	-38	30

На основе катализата, полученного в процессе каталитической депарафинизации, была обеспечена возможность производства дизельного топлива по ГОСТ 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» путем смешивания с гидроочищенной керосиновой фракцией. Полученные низкотемпературные свойства дизельных топлив отражены в табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Низкотемпературные свойства, полученные в процессе каталитической депарафинизации

Показатель	Норма ЕН 590 4 класс, вид III	Дизельное топливо
Температура помутнения, °С	Не выше -34	-42
Предельная температура фильтруемости, °С	Не выше -44	45

В работе [14] были исследованы особенности влияния товарной депрессорно-диспергирующей присадки Dodiflow фирмы Clariant на характеристики дизельного топлива, а также проведен синтез новой присадки на основе сополимера цетилметакрилата (ЦМА) с винилацетатом (ВА) и проведен анализ ее влияния на температуру замерзания современного экологически чистого дизельного топлива глубокой гидроочистки.

Результаты исследования низкотемпературных свойств дизельных топлив с изучаемой товарной присадкой, приведённые в табл. 1.8, показали, что температура его застывания достигла -34°C , тогда как для гидроочищенного дизельного топлива – -26°C .

Таблица 1.8 – Результаты исследования низкотемпературных свойств

Дизельное топливо (концентрация вовлекаемых присадок – 200 ppm)	Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$
Гидроочищенное ДТ без присадки	-26
ДТ + товарная присадка Dodiflow	-34
ДТ + сополимер ЦМА-ВА	-37
ДТ + полицетилметакрилат	-33
ДТ + толуол	-33

Но вместе с тем, термоокислительная стабильность дизельного топлива с данной присадкой ухудшается относительно гидроочищенного дизельных топлива, используемого без присадки.

Поскольку сополимер ЦМА-ВА представляет собой твёрдое вещество, то его непосредственное вовлечение в дизельное топливо в чистом виде затруднено. В связи с этим в качестве присадки авторами был использован 10% раствор данного сополимера в толуоле.

Сравнительный анализ характеристик дизельного топлива с присадкой Dodiflow и разработанной авторами присадкой свидетельствует, что присадка на основе сополимера ЦМА-ВА более эффективна. Так температура застывания гидроочищенного дизельного топлива в присутствии сополимера ЦМА-ВА соответствует -37°C , тогда как аналогичного топлива с товарной присадкой Dodiflow лишь -34°C . Таким образом, одновременное присутствие в составе сополимера поливинилацетатных звеньев и фрагментов полиметакрилового эфира с высокомолекулярным «хвостом»

является оптимальным с точки зрения влияния на депрессорно-диспергирующие свойства дизельного топлива.

Следовательно, присадка на основе сополимеров ЦМА-ВА по эффективности влияния на температуру застывания не только не уступает применяемой в настоящее время депрессорно-диспергирующей товарной присадке Dodiflow, но и превосходит её.

Авторами работы [15] были предложены усовершенствованные катализаторы депарафинизации с целью получения низкозастывающего дизельного топлива.

Было проведено сравнение с отечественным катализатором селективного гидрокрекинга СГК-1 структурным типом которого, является цеолит ЦВМ.

Приготовленные образцы катализаторов депарафинизации в соответствии с патентом 2518468 (РФ) «Цеолитсодержащий катализатор депарафинизации масляных фракций». Для улучшения гидроизомеризирующих свойств цеолит был промотирован путём ионного обмена. Гидрирующий компонент в состав катализатора ДЕП-9 вводили на стадии приготовления замеса, а в состав катализаторов ДЕП-3 и ДЕП-23 – пропиткой носителя молибден-фосфорным раствором. Химический состав и показатели качества образцов катализатора депарафинизации в сравнении с катализатором СГК – 1 сравнивали по следующим параметрам:

- по выходу из гидрогенизата фракции с температурой вспышки 55 °С;
- по низкотемпературным характеристикам целевой фракции (предельной температуре фильтруемости, температурам помутнения и застывания).

В ходе работы изучена активность образцов катализаторов в зависимости от объёмной скорости подачи сырья 1,0 и 2,0 ч⁻¹. Испытания проводили при давлении 3,0 МПа и соотношении Н₂/сырьё = 1000 н.об./об. В качестве сырья использовали гидроочищенную дизельную фракцию с

содержанием серы 330 мг/кг и предельной температурой фильтруемости - 8 °С.

Таблица 1.9 – Результаты испытания катализаторов депарафинизации

Показатели	СГК-1				ДЕП-3				ДЕП-9				ДЕП-23	
Условия процесса														
Температура на входе в реактор, °С	330	340	350	360	330	340	350	360	330	340	350	360	300	310
Объемная скорость подачи сырья, ч ⁻¹	1,0		2,0		1,0		2,0		1,0		2,0		3,0	
Характеристики дизельной фракции														
Температура застывания, °С	-27	-37	-36	-44	-38	-44	-35	-46	-46	-52	-40	-55	-49	-52
Температура помутнения, °С	-18	-26	-27	-34	-28	-36	-28	-35	-34	-39	-30	-39	-39	-40
Предельная температура фильтруемости, °С	-20	-29	-28	-36	-30	-39	-29	-38	-38	-42	-32	-43	-41	-43
Выход (в пересчете на сырье). %	89,3	88,7	88,3	84,2	90,1	89,1	91,6	88,9	90,1	89,1	90,4	88,6	90,0	89,3

Таким образом, катализаторы ДЕП отличаются высокой активностью и селективностью в реакции гидродепарафинизации. Анализ эффективности катализаторов серии ДЕП в сравнении с катализатором СГК–1 показал улучшение каталитических свойств в ряду СГК-1 < ДЕП-3 < ДЕП-9 < ДЕП-23. Это свидетельствует о влиянии промоторов и размера кристаллитов цеолитного компонента.

В работе авторов [16] утверждают что, заметное улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив достигается за счет добавки депрессорно-диспергирующих присадок. С экономической точки зрения – это наиболее выгодный способ получения зимних видов дизельных топлив. При использовании присадок следует иметь ввиду, что они позволяют применять топливо лишь на 10 °С ниже температуры его помутнения, т.е. летнее дизельное топливо с температурой помутнения -5°С с депрессорно-диспергирующей присадкой может быть использовано в условиях эксплуатации лишь до -15 °С. Использование такого топлива при температуре окружающего воздуха минус 20-25 °С приведет к забивке

фильтров грубой и тонкой очистки и расслоению топлива в резервуарах, баках машин.

Также в данной работе говорится о том что, для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив нередко, особенно на нефтебазах или непосредственно у потребителей, используется смешение дизельного топлива с реактивным топливом, керосином для технических целей и даже бензином. Смешение летнего дизельного топлива с фракциями реактивного топлива используется и на нефтеперерабатывающем заводе для получения топлива с более низкой температурой помутнения, например класса 1, 2, 3 по ГОСТ Р 52368 «Дизельные топлива ЕВРО». Однако это приводит к ухудшению таких показателей качества как:

- цетановое число и связанные с ним пусковые характеристики двигателя;
- вязкость и, как следствие, ухудшение смазывающей способности топлива;
- снижение температуры вспышки, а, следовательно, пожаробезопасности применения топлива.

Таблица 1.10 – Стабильность при холодном хранении смеси летнего дизельного топлива с керосином и депрессорной присадкой

Содержание, %		Температура помутнения, °С			Предельная температура фильтруемости, °С		
Керосина	депрессорно-диспергирующей присадки	в исходном образце до испытаний	после испытаний		в исходном образце до испытаний	после испытаний	
			в нижней части топлива (20%)	в верхней части топлива (20%)		в нижней части топлива (20%)	в верхней части топлива (20%)
0	0,05	-5	-5	-6	-17	-16	-17
10	0,05	-6	-6	-6	-23	-21	-22
	0,03		-7	-7	-20	-21	-19
20	0,05	-8	-8	-9	-21	-21	-22
	0,03		-8	-7	-19	-19	-21
30	0,05	-10	-10	-11	-25	-25	-26
	0,03		-10	-11	-24	-24	-24
	0,02		-9	-10	-23	-25	-25
	0,01		-9	-10	-22	-24	-23
50	0,05	-14	-14	-15	-31	-33	-34

Таким образом, на основании экспериментальных данных, полученных авторами, относительно смесей летнего дизельного топлива с

керосином установлено, что стабильными могут быть смеси, содержащие не более 20% керосина. С добавлением депрессорно-диспергирующей присадки стабильное топливо может быть получено при вовлечении в летнее дизельное топливо до 50% керосина.

Авторами работы [17] было предложено изменить состав исходного сырья установки гидроочистки дистиллятов за счет подбора оптимальной композиционной смеси из продуктов ЭЛОУ–АВТ–2 и ЭЛОУ–АВТ–3. Таким образом, гидроочистке подвергалось сырьё, состоящее из 73 % мас. лёгкого дизельного топлива с установки ЭЛОУ–АВТ–2 и 27 % мас. керосиновой фракции ЭЛОУ–АВТ–2.

Полученное топливо дизельное зимнее не соответствовало ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» по параметрам:

- цетановый индекс;
- предельная температура фильтруемости;
- температура вспышки в закрытом тигле.

Для приведения указанных параметров к требованиям ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» необходимо подобрать сырьё с меньшим количеством парафинов нормального строения, а также с меньшей плотностью и более высокими температурами выкипания 10,50 и 90 % об. Следовательно, в исходную смесь необходимо ввести компонент, характеризующийся достаточно низкой предельной температурой фильтруемости. Таким компонентом на ООО «РН-Комсомольский НПЗ» является лёгкая дизельная фракция – нижний продукт 3-го стриппинга (К-2/3) установки ЭЛОУ-АВТ-3.

С целью выявления влияния нового компонента на качество товарной продукции дизельного топлива зимнего Евро 3 класс 2 – на установке гидроочистки авторами был описан второй пробег. Приготовленное сырьё установки ГОДТ состояло из лёгкого дизельного топлива (46 % мас.),

керосиновой фракции (23 % мас.) с ЭЛОУ–АВТ–2 и нижнего отбора 3-го стриппинга (31 % мас.) с ЭЛОУ–АВТ–3.

Топливо дизельное зимнее, полученное при пробеге №2, не соответствовало ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» по параметрам:

- предельная температура фильтруемости;
- температура вспышки в закрытом тигле.

Для снижения предельной температуры фильтруемости необходимо было вовлечение дополнительного количества нижнего отбора 3-го стриппинга ЭЛОУ-АВТ-3, поскольку вовлечение дополнительного количества керосиновой фракции повлекло бы за собой ещё большее снижение температуры вспышки.

Учитывая данное обстоятельство, для приведения топлива дизельного к требованиям ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» для холодного и арктического климата класс 2 вид I был проведен третий фиксированный пробег.

Для проведения пробега было приготовлено сырьё, состоящее из 31 % мас. лёгкого дизельного топлива с ЭЛОУ-АВТ-2, 23 % мас. керосиновой фракции ЭЛОУ-АВТ-2 и 46 % мас. нижнего отбора 3-го стриппинга ЭЛОУ-АВТ-3. В ходе проведения третьего пробега удалось достичь требуемых показателей по ранее не соответствовавшим ГОСТ Р-52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» параметрам, а именно по предельной температуре фильтруемости и температуре вспышки в закрытом тигле. Наряду с этим дополнительное вовлечение лёгкой дизельной фракции с установки ЭЛОУ–АВТ–3 не повлекло за собой ухудшения прочих нормируемых показателей. Результаты проведенных испытаний отображены в табл.1.11.

Таблица 1.11 – Низкотемпературные свойства дизельных топлив

Показатель	Нормы ГОСТ Р 52368-2005	Среднее значение за пробег		
		Пробег I	Пробег II	Пробег III
Температура помутнения, °C	Не выше -22	-23	-23	-28
Предельная температура фильтруемости, °C	Не выше -32	-26	-30	-34
Температура застывания, °C	–	-30	-31,5	-35

Авторами [18] было установлено, что для получения сортовых топлив фракционный состав является главным фактором, оказывающим влияние, как на основные физико-химические характеристики, так и на эффективность действия присадок, в частности, депрессорных и депрессорно-диспергирующих. Также в работе [18] пришли к заключению, что наименьшее влияние на низкотемпературные свойства ДТ оказывают моноциклические арены. Тогда как полициклические арены при определенной концентрации, снижают температуру застывания примерно на 5 °C.

Увеличение содержания н–алканов слабо влияет на предельную температуру фильтруемости (ПТФ) ДТ, а показатель «температура застывания» немного снижается, что противоречит ожидаемому. Исходя из этого авторы приходят к заключению, что важно знать не только содержание н–алканов во фракции, но и знать соотношение между высокоплавкими и низкоплавкими н–алканами.

Исследования авторов в работе [19] показали, что при добавлении к смесевому зимнему дизельному топливу 20, 40 и 60% стабильного гидрогенизата керосиновой фракции, температура застывания получающихся зимних дизельных топлив понижается соответственно до -56, -59, -64 °C. Одновременно содержание серы снижается с 10,0 до 1,5 ppm.

Таким образом, авторы пришли к заключению, что при вовлечении дополнительного объема стабилизированного гидрогенизата керосиновой фракции можно быстро получить арктическое топливо с низкой температурой застывания и с незначительным содержанием серы.

В работе [20] авторы делают вывод, что основным критерием получения низкотемпературных дизельных топлив классов 1 и 2 являются базовые топлива, соответствующие требованиям по температуре помутнения.

В качестве базовых топлив могут быть использованы:

- при получении летних сортов – гидроочищенная смесь прямогонных компонентов установок АВТ.
- при получении зимних сортов – базовое смесевое топливо, состоящее из 2-х компонентов дизельных топлив, полученных на установках АВТ и взятых в соотношении 40-50/60-50 для класса 1 и 80-85/15-20 для класса 2.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Низкотемпературные свойства дизельных топлив

Контроль низкотемпературных свойств дизельных топлив имеет большой интерес и огромное практическое значение, что связано в большей степени с особенностями климатических условий Российской Федерации, а также с недостаточными мощностями НПЗ по выработке зимних и арктических дизельных топлив.

Температурой помутнения называют ту температуру, при которой теряется фазовая однородность топлива. Постепенно, при дальнейшем охлаждении отдельные кристаллики, срастаясь между собой, образуют ажурный кристаллический каркас, пронизывающий весь объем топлива и способный сковать подвижность основной части углеводородов, находящихся в жидком состоянии. Потерю подвижности нефтепродуктов вследствие образования из кристаллизующихся углеводородов каркаса или структурной сетки принято называть застыванием.

Температурой застывания, называют наивысшую температуру, при которой дизельное топливо в стандартном приборе, наклоненном под углом 45° , в течение 1 мин остается неподвижным.

Для летних марок дизельных топлив температура помутнения должна быть не выше -5°C , а зимних – в интервале $-25\ldots-30^\circ\text{C}$. Если в топливе содержится вода, то оно помутнеет при $0-1^\circ\text{C}$. Температура застывания должна быть на $5-10^\circ\text{C}$ ниже температуры помутнения. Чем меньше эта разница, тем лучше качество топлива.

Значения температур помутнения и застывания зависят от химического состава дизельного топлива. У парафиновых углеводородов (н-алканов) эти температуры обычно высокие, часто положительные. По этой причине нефти парафинового состава используют для получения летних марок дизельного топлива. Многие нафтеновые (циклоалкановые) углеводороды имеют низкую температуру застывания (ниже -50°C), и из

содержащих их нефтей получают зимние и арктические марки дизельного топлива. Ароматические углеводороды имеют высокую температуру застывания, а кроме того, вызывают повышенное нагарообразование, поэтому их наличие в дизельном топливе нежелательно в любой марке.

Использовать топливо можно только при температуре окружающего воздуха выше точки помутнения и тем более температуры застывания. Эксплуатационное правило: «температура эксплуатации топлива должна быть на 10-15 градусов выше его температуры застывания». Если применять зимой летнее или смешанное топливо, то выпадающие кристаллы углеводородных соединений будут забивать систему питания дизеля, подача топлива нарушится или прекратится. Нефти, пригодной для выработки зимнего и арктического дизельного топлива, сравнительно немного, производство его гораздо сложнее, поэтому вырабатываются такие марки относительно мало. Использовать зимнюю и тем более арктическую марки нужно только в районах с низкой температурой в холодное время года и нельзя допускать смешения с летним сортом. Лишь при переходе с летних на зимние марки дизельного топлива допускается эксплуатация техники на смесях, т.е. возможна доработка летнего топлива.

Предельная температура фильтруемости – самая высокая температура, при которой данный объём топлива не протекает через стандартизованную фильтрующую установку в течение определённого времени, во время охлаждения в стандартизованных условиях.

Согласно Техническому Регламенту Таможенного Союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» года предельная температура фильтруемости:

- межсезонного дизельного топлива может быть не ниже -15 °С,
- зимнего – не ниже -20 °С,
- арктического – не ниже -38 °С.

2.2 Экспериментальные способы определения низкотемпературных свойств дизельных топлив

Температура помутнения дизельного топлива в Российской Федерации определяется в соответствии с ГОСТ 5566-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации». Сущность метода заключается в следующем: пробирку с образцом дизельного топлива нагревают на водяной бане до 50°C, затем нагретый образец охлаждают до 30-40°C и помещают в охлаждающую смесь, температура которой на 10°C ниже намеченной температуры помутнения топлива. За 5°C до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынимают из охлаждающей смеси, протирают спиртом и наблюдают помутнение топлива. Проводят два определения. Для второго определения берут новый образец испытуемого топлива.

Определение температуры застывания дизельного топлива регламентирует ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания». Сущность метода заключается в следующем: пробирку с образцом дизельного топлива нагревают на водяной бане до 50°C, затем нагретый образец охлаждают до 30-40°C и помещают в охлаждающую смесь, температура которой на 5°C ниже намеченной температуры застывания. Когда образец в пробирке имеет температуру намеченную для определения застывания, пробирку наклоняют под углом 45°, и не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении 1 минуту. После этого пробирку вынимают из охлаждающей смеси, протирают и наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого продукта. Если мениск сместился, то пробирку вынимают из муфты, снова подогревают и проводят новое определение при температуре на 4 °C ниже предыдущей до тех пор, пока при некоторой температуре мениск не перестанет смещаться.

После нахождения границы застывания (переход от подвижности к неподвижности) определение повторяют, понижая или повышая температуру испытания на 2 °С до тех пор, пока не будет установлена такая температура, при которой мениск продукта остается неподвижным, а при повторном испытании при температуре на 2 °С выше он сдвигается. Эту температуру фиксируют, как установленную для данного опыта. Проводят два определения. Для второго определения берут новый образец испытуемого топлива.

Предельная температура фильтруемости дизельного топлива определяется согласно ГОСТ Р 54269-2010 «Топлива. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре Предельная температура фильтруемости». Сущность метода заключается в следующем: образец пробы охлаждают при заданных условиях с интервалами, равными 1 °С, и втягивают в пипетку при контролируемом вакууме через стандартизованный фильтр из проволочной сетки. Процедуру повторяют после каждого снижения температуры образца на 1 °С. Испытание продолжают до температуры, при которой выделяющееся из раствора количество кристаллов парафинов не позволяет топливу проходить через фильтр, или замедляет его поток так, что время заполнения пипетки превышает 60 секунд, или до момента, когда топливо прекращает стекать полностью в испытательный сосуд перед охлаждением еще на 1 °С.

Отмеченную температуру начала последней фильтрации регистрируют как предельную температуру фильтруемости.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Данное исследование проводилось с применением таких компьютерных программ как «*Microsoft Excel*» и «*Wolfram Mathematica*», на основании которых были выведены корреляционные зависимости для низкотемпературных свойств дизельных топлив.

В производстве дизельных топлив (особенно марки зимнего и арктического) главную роль отводят на такое эксплуатационное свойство как низкотемпературные показатели, поскольку они влияют на нормальную подачу дизельного топлива по системе питания в двигатели. Несоответствие данных показателей установленным нормам в свою очередь может привести к забивке фильтров или вывести двигатель из рабочего состояния.

Данное исследование имеет достаточно высокий коммерческий потенциал, короткий срок реализации в связи с большой потребностью и является ресурсосберегающей технологией, т.к. полученные расчетные методы позволяют за короткое время рассчитать низкотемпературные свойства дизельных топлив и сэкономить на дорогостоящем оборудовании для их определения. В конечном итоге это отразится на себестоимости дизельного топлива и позволит держаться в рамках установленных норм.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные потребители и сегменты, влияющие на спрос продукта (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

Способ определения		Размер компании		
		Малая	Средняя	Крупная
	Расчетный метод			
	Экспериментальный метод			

Таким образом, оптимальным методом определения низкотемпературных свойств дизельных топлива составляет расчетный метод ввиду его дешевизны и практичности.

5.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 5.2 – первый этап SWOT-анализа

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:
	С1. Быстрое получение результатов	Сл1. Отсутствие программного обеспечения научной разработки
	С2. Экономия в плане производственных установок	Сл2. Необходимость наличия фракционного состава смеси
	С3. Более низкая стоимость по сравнению с производственными методами	Сл3. Большой срок внедрения на производство
	С4. Квалифицированный персонал	Сл4. Более низкая погрешность у конкурентов
	С5. Простота использования	
	С6. Допустимая погрешность	

Окончание таблицы 5.2

ВОЗМОЖНОСТИ:	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:
В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт		
В2. Повышение стоимости конкурентных разработок		
В3. Создание расчетной программы		
В4. Увеличение спроса на продукт как в России, так и за границей		
В5. Создание более сложных и в свою очередь более точных зависимостей		
УГРОЗЫ:		
У1. Разработка аналогичной зависимости		
У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
У3. Отсутствие спроса на новые расчетные методы		

На основании табл.5.2 сделаем интерактивную матрицу проекта, где «+» - сильное соответствие сторон возможностям; «-» - слабое соответствие; «0» - сомнение между «+» и «-», что будет являться вторым этапом SWOT-анализа.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица планирования «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	-	+	+
	B3	0	+	+	-	+	0
	B4	+	+	+	0	+	0
	B5	-	-	-	+	0	+

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица планирования «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	0	-	-
	B2	+	+	0	-
	B3	+	0	+	0
	B4	-	-	+	-
	B5	0	-	-	+

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта							
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	+	+	+	0	+	+
	У2	-	+	-	0	-	-
	У3	-	0	+	0	+	+

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	+
	У2	-	-	-	0
	У3	0	-	+	+

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл.5.7).

Таблица 5.7– Итоговая матрица SWOT-анализа

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:
	С1. Быстрое получение результатов	Сл1. Отсутствие программного обеспечения научной разработки
	С2. Экономия в плане производственных установок	Сл2. Необходимость наличия фракционного состава смеси
	С3. Более низкая стоимость по сравнению с производственными методами	Сл3. Большой срок внедрения на производство
	С4. Квалифицированный персонал	Сл4. Более низкая погрешность у конкурентов
	С5. Простота использования	

Окончание таблицы 5.7

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:
	С6. Допустимая погрешность	
ВОЗМОЖНОСТИ:		
В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт	Введение расчетных методов в производство	В связи с отсутствием программы, возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию
В2. Повышение стоимости конкурентных разработок		
В3. Создание расчетной программы		
В4. Увеличение спроса на продукт как в России, так и за границей		
В5. Создание более сложных и в свою очередь более точных зависимостей		
УГРОЗЫ:		
У1. Разработка аналогичной зависимости	Простота в использовании и экономичность метода вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз	При создании конкурентами расчетных методов с более низкой погрешностью, а также с большим сроком внедрения на производство есть риск потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому отсутствие программного обеспечения для расчетных методов увеличивает угрозу потери рынка
У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
У3. Отсутствие спроса на новые расчетные методы		

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл.5.8

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	Руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых материалов для экспериментальных расчетов	Руководитель, бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Заведующий лабораторией, бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	Руководитель, бакалавр
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Руководитель, бакалавр
	13	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	14	Предзащита	Руководитель, бакалавр
	15	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	16	Защита дипломной работы	Бакалавр

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула[21]:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (5.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

где T_{p_i} — продолжительность одной работы, раб. дн.;

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения научного исследования

	Наименование работ	Трудоемкость работ									Исполнители		
		t _{min} ,			t _{max} ,			t _{ож} ,					
		чел-дни			чел-дни			чел-дни					
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	1	1	1	5	6	5	2,6	3	2,6	Р	Р	Р
2	Выбор направления исследований	3	4	3	4	6	5	3,4	4,8	3,8	Р Б	Р Б	Р Б
3	Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	2	2	2	6	6	6	3,6	3,6	3,6	Р Б	Р Б	Р Б
4	Календарное планирование работ по теме	1 1	1 2	1 1	2 2	3 4	3 3	1,4 1,4	1,8 1,8	1,8 1,4	Р Б	Р Б	Р Б
5	Поиск необходимых материалов для экспериментальных расчетов	10 20	15 25	12 22	20 40	22 45	20 42	14 28	18 33	15 30	Р Б	Р Б	Р Б
6	Проведение экспериментов	14	20	16	30	30	30	14	20	16	Р Б	Р Б	Р Б
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	4	6	5	6	8	7	4,8	6,8	5,8	Р Б	Р Б	Р Б
8	Определение целесообразности проведения ОКР	1	1	1	3	4	3	1,4	2,2	1,4	Р	Р	Р
9	Оценка эффективности полученных результатов	2	5	3	5	9	7	3,2	6,6	4,6	Р Б	Р Б	Р Б
10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	3	4	3	5	7	7	3,8	5,2	4,6	Р Б	Р Б	Р Б
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	15	18	16	25	30	30	19	23	22	Р Б	Р Б	Р Б
12	Составление пояснительной записки	10 10	20 20	15 15	20 20	40 40	30 30	16 16	28 28	21 21	Р Б	Р Б	Р Б

Окончание таблицы 5.9

13	Сдача работы на рецензию	1	3	2	3	7	5	1,8	4,6	3,2	Б	Б	Б
14	Предзащита	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	Р	Р
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	Б	Б
15	Подготовка к защите дипломной работы	5	7	6	10	15	12	7	10	8,4	Б	Б	Б
16	Защита дипломной работы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Б	Б	Б

Р – Руководитель

Б - Бакалавр

Таблица 5.10 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}			Исполнители		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	2,6	3	2,6	4	4	4	Р	Р	Р
2	Выбор направления исследований	1,7	2,4	1,9	3	3	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	1,8	1,8	1,8	3	3	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
4	Календарное планирование работ по теме	0,7	0,9	0,9	1	1	1	Р	Р	Р
		0,7	0,9	0,7	1	1	1	Б	Б	Б
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	7	8,9	7,6	10	13	11	Р	Р	Р
		14	16,5	15	21	24	22	Б	Б	Б
6	Проведение экспериментов	7,2	10,2	7,8	11	15	12	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2,4	3,4	2,9	4	5	4	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
8	Определение целесообразности проведения ОКР	0,7	1,1	0,7	1	2	1	Р	Р	Р
9	Оценка эффективности полученных результатов	1,6	3,3	2,3	2	5	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б

Окончание таблицы 5.10

10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	1,9	2,6	2,3	3	4	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	9,5	11,4	10,8	14	17	16	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
12	Составление пояснительной записки	8	14	10,5	12	21	16	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
13	Сдача работы на рецензию	0,9	2,3	1,6	1	3	2	Б	Б	Б
14	Предзащита	0,7	0,7	0,7	1	1	1	Р	Р	Р
		0,7	0,7	0,7	1	1	1	Б	Б	Б
15	Подготовка к защите дипломной работы	7	10,2	8,4	10	16	12	Б	Б	Б
16	Защита дипломной работы	0,5	0,5	0,5	1	1	1	Б	Б	Б

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [21]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (5.4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 5.11 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме


№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4														
2	Выбор направления исследований	Руководитель Бакалавр	4														
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Руководитель Бакалавр	3														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр	1 1														
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Бакалавр	13 14														
6	Построение моделей и проведение экспериментов	Руководитель Бакалавр	15														

Продолжение таблицы 5. 11

7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель Бакалавр	5													
8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель	2													
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель Бакалавр	5													
10	Разработка и усовершенствование методики	Руководитель Бакалавр	4													
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель Бакалавр	17													
12	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр	21													
13	Сдача работы на рецензию	Бакалавр	3													

Окончание таблицы 5.11

15	Предзащита	Руководитель, Бакалавр	1 1														
16	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр	16														
17	Защита дипломной работы	Бакалавр	1 1														

 – *руководитель*

 – *Бакалавр*

5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [21]:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (5.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в табл. 5.12. Величина коэффициента (k_T), принимаем в пределах 20% от стоимости материалов

Таблица 5.12 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Образцы диз.топлива	л	2	5	8	36	36	36	86,4	216	345,6
Этиловый спирт технический	л	30	30	30	180	180	180	6480	6480	6480
Цилиндр мерный	шт.	2	3	5	120	120	120	288	432	720
Итого:								6854	7128	7546

5.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в табл.5.13.

Таблица 5.13 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Ноутбук	1	57	66,6
2	Термостат жидкостный низкотемпературный «КРИО-ВТ-05-01»	1	166,1	191
3	Аппарат АРНС-1 для разгонки нефтепродуктов	1	158	181,7
Итого:				439,3

Расчет затрат на приобретение программного обеспечения (ПО) в табл.5.14.

Таблица 5.14 – расчеты затрат на приобретение ПО

Наименование ПО			Стоимость ПО с НДС, руб.		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Microsoftoffice	Microsoftoffice	Microsoftoffice	11490	11490	11490
-	Delphi	Delphi	-	43800	43800
Wolfram Mathematica	Wolfram Mathematica	Wolfram Mathematica	125000	125000	125000
Итого:			136490	180290	180290

5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (5.6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб} \quad (5.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн,

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (5.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня М =11,2 месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней М=10,4 месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 5.15).

Таблица 5.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времени	155	155

Месячный должностной оклад работника:

$$З_M = З_{ТС} \cdot (1 + k_{ПР} + k_d) \cdot k_p \quad (5.10)$$

где $З_{ТС}$ –заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{ПР}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{ТС}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p –районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в табл.5.16.

Таблица 5.16– Расчет основной заработной платы

Категория	$З_{ТС}$, руб.	k_d	k_p	$З_M$, руб	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	12250	0,3	1,3	25480	1709,6	39	66675
Бакалавр							
ППС1	7800	0,3	1,3	16224	1088,6	50	54429

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в табл. 5.17.

Таблица 5.17 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$З_{осн}$, руб.	$З_{доп}$, руб.	$З_{ип}$, руб.
Руководитель	66675	8001	74676
Бакалавр	54429	6532	60961

5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [21]:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (5.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Результаты расчета представлены в табл. 5.17.

5.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [21]:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{нр} \quad (5.12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Результаты расчета представлены в табл. 5.18.

5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.13.

Таблица 5.18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	6854,4	7128	7545,6	Таблица 12
2. Затраты на приобретение экспериментального оборудования	439300	439300	439300	Таблица 13
3. Затраты на приобретение ПО	136490	180290	180290	Таблица 13
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	121104	121104	121104	Таблица 10
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14533	14533	14533	Таблица 11
6. Отчисления во внебюджетные фонды	36758	36758	36758	27,1% от п.3 + п.4
7. Накладные расходы	120806,3	127858,1	127924,9	16 % от суммы ст. 1-6
8. Бюджет затрат НТИ	755039,4	799113	799530,6	Сумма ст. 1- 7

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{755039,4}{799530,6} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{799113}{799530,6} = 0,99$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{799530,6}{799530,6} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [21]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 14).

Таблица 5.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,2	3	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	5	4,5
3. Энергосбережение	0,1	4	5	4,5
4. Надежность	0,2	3	5	4
5. Воспроизводимость	0,1	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	4	4	5
ИТОГО	1	3,7	4,7	4,35

$$I_{p-исп1} = 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 3,7;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,7;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,2 + 4,5 \cdot 0,2 + 4,5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,35.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$\begin{aligned}
 I_{исп.1} &= \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{3,7}{0,94} = 3,9 \\
 I_{исп.2} &= \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} = \frac{4,7}{0,99} = 4,8 \\
 I_{исп.3} &= \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}} = \frac{4,35}{1} = 4,35
 \end{aligned}
 \tag{5.15}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная

эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) [21]:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (5.16)$$

Таблица 5.20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,7	4,7	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	3,9	4,8	4,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,81	1	0,9

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что более эффективным вариантом решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение № 2.

Список публикаций студента

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Научные работы всего: 4					
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской международной (всероссийской) конференции: 4					
1	«Comparison between mathematical models used for calculations of diesel fuel fractions cetane indexes»	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6-10 Апреля 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 784-785	2	Богданов И.А. Киргина М.В.
2	«Разработка методики расчета низкотемпературных свойств дизельных топлив»	Печатная	XV Сатпаевские чтения: материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников: в 10 т., Павлодар, 10 Апреля 2015. - Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2015 - Т. 10 - С. 233-236	3	Богданов И.А. Киргина М.В.
3	«Методика расчета низкотемпературных свойств гидроочищенных дизельных фракций»	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 7-9	3	Богданов И.А.
4	«Расчетные методы определения цетановых индексов товарных дизельных топлив»	Печатная	Наука и образование: сборник материалов X Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Астана, 10 Апреля 2015. - Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2015 - С. 1810-1813	3	Богданов И.А.